

## تحلیل اثرات گرد و غبار بر مقره‌های برق در استان خوزستان

مرضیه شاهسوندی<sup>۱</sup>، جعفر مرشدی<sup>۱\*</sup>، علیرضا شکیبا<sup>۱،۲</sup>، منیژه ظهوریان پردل<sup>۱</sup>

۱. گروه اقلیم‌شناسی، واحد اهلواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهلواز، ایران

۲. دانشیار، گروه آموزشی مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

### چکیده

گردوغبار در سال‌های اخیر به یکی از خطرناک‌ترین مخاطرات طبیعی در ایران تبدیل شده است و در بخش‌های غرب و جنوب غرب کشور به شدت در زندگی ساکنان منطقه تاثیر گذاشته و زمینه ساز مهاجرت بی رویه شده است. ریزگردها همچنین پست‌های برق این مناطق را به شدت تحت تأثیر قرار داده و باعث کوتاهی عمر مقره‌ها و افزایش هزینه نگه‌داری تجهیزات برق شده است. هدف این پژوهش تحلیل اثرات گردوغبار و آلودگی، در طی سال‌های ۹۶ تا ۸۱ با شیوه‌های *ESDD* و *NSDD* بر مقره‌های برق در استان خوزستان می‌باشد که با اخذ آمار پارامترهای اقلیمی و تعداد روزهای گردوغباری از سازمان‌های هواشناسی، غلظت آلودگی‌ها از سازمان محیط زیست، و میزان آلودگی روی مقره‌ها از سازمان برق و با بررسی ارتباط و روند سالیانه بین تعداد روزهای همراه با توفان گردوغبار و پارامترهای اقلیمی و تحلیل غلظت آلودگی‌ها با استفاده از شیوه‌های فوق، مناطق آلوده با بهره‌گیری از GIS پهنه بندی گردیدنتایج نشان داد آلودگی منطقه در وضعیت بسیار سنگین و سنگین بوده و کانون اصلی آن در مناطق جنوب استان بین ایستگاه‌های اهلواز، ماهشهر، آبادان و خرمشهر می‌باشد. ملاک سنجش آلودگی به علت بروز مکرر پدیده ریزگردها با مواد حل‌نشده بالا، با استفاده همزمان هر دو روش مذکور امکان پذیر است. علت بیش تر قطعی‌های برق، ترکیب گردوخاک با رطوبت هوا و ایجاد گل‌ولای چسبیده روی مقره است که منجر به اتصال کوتاه شبکه می‌شود. بیش ترین تعداد روزهای توفانی با ۶۴ روز مربوط به ایستگاه بستان است که به علت واقع شدن در قسمت غربی استان و مجاورت با کشورهای عربی، بیش تر توفان‌های آن دارای منشأ خارجی و کمترین میزان با ۲۲ روز مربوط به ایستگاه دزفول است که در قسمت شرقی تر استان، قرار دارد و به علت دوری از گردوغبارهای قسمت‌های غربی، بیش تر توفان‌های آن دارای منشأ داخلی می‌باشد.

واژگان کلیدی: گردوغبار، مقره، *ESDD* و *NSDD*

## مقدمه

مطالعات تخصصی روی صنعت آب و برق استان خوزستان نشان داده است که ریزگردها، پست‌های برق این استان را به شدت تحت تأثیر قرار داده است به طوری که تعداد حوادث در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ به ترتیب از ۷۸۳ به ۱۲۳۴ مورد رسیده است؛ این پدیده شبکه‌های توزیع برق را دچار مشکلات جدی نموده و قطعی‌ها و خاموشی‌های زیادی را به وجود آورده است که آمار آن از سال ۱۳۸۷ یعنی ۱۹۴ مورد به ۳۸۳ مورد در سال ۱۳۸۸ رسیده است (حبیان، و همکاران، ۲۰۱۲). ریزگرد پدیده‌ای است که از ترکیب ذرات ریز و گردوغبار با آلاینده‌های شهری به وجود می‌آید. این پدیده برای بیماران قلبی و تنفسی بسیار مضر است. در نوع حاد آن کاهش شدید دید افقی، لغو پروازها و از همه مهم تر سلامتی انسان‌ها را به خطری اندازد (گوهر دوست، و همکاران، ۲۰۱۱). عوامل اصلی آلودگی‌ها و ریزگردها طبیعی و انسانی گزارش شده است خشکسالی‌های اخیر یکی از مهم‌ترین عوامل طبیعی و جنگ تحمیلی عراق علیه ایران، کشاورزی، سدسازی، جنگ آب و سیاست انتقال آب از مناطق پرآب به مناطق کم آب از عوامل انسانی مؤثر در پدیده ریزگردها ذکر شده است (طهماسبی بیرگانی، و همکاران، ۲۰۰۹). از مهم‌ترین شرایط ایجاد گردوغبار در کنار هوای ناپایدار، وجود یا عدم وجود رطوبت هوا است، به طوری که اگر هوای ناپایدار، رطوبت کافی داشته باشد، بارش توفان ورعدوبرق و اگر فاقد رطوبت باشد، توفان گردوغبار ایجاد می‌نماید (علیجانی، ب، ۱۹۹۸). در مقاله ارائه راهکار به منظور رویارویی با اثرات خوردگی و آلودگی بر تجهیزات شبکه توزیع ارائه شده در کنفرانس بین المللی پژوهش‌های نوین در علوم مهندسی به خوردگی اتمسفری پوشش فلزی در محیط خورنده و عملکرد انواع مختلف مقره‌ها بر بررسی رفتار جریان نشستی آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و پیشنهادات اجرایی در خصوص رفع معضلات ایزولاسیون در مناطق آلوده ارائه شده است (سلامت‌نیا، و همکاران، ۲۰۱۶).

مقره علاوه بر عایق نمودن هادی نسبت به پایه و همچنین نسبت به زمین ارتباط مکانیکی هادی و زمین را نیز تشکیل می‌دهد که بر حسب ولتاژ مورد استفاده و شرایط محیطی از نظر آلودگی و رطوبت، شکل خاصی به خود می‌گیرند.

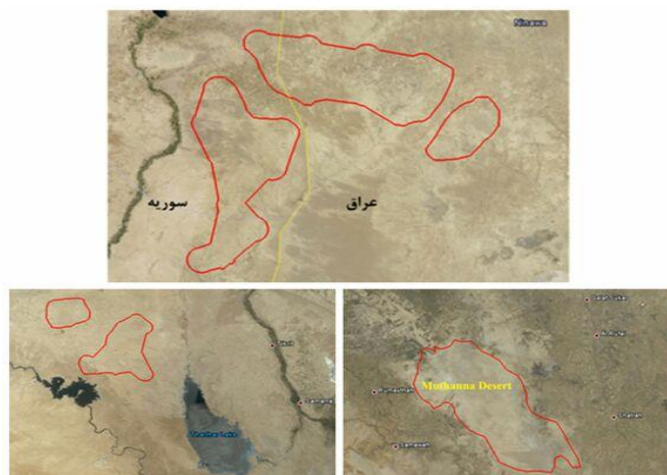
وجود آلودگی شدید و ریزگردها بر روی مقره باعث بروز اتصال زمین در سکیونر (کلید هوایی) گردیده که این حادثه موجب آسیب جدی به مقره و سکیونر می‌شود. با توجه به وضعیت آلودگی شدید مقره‌ها، احتمال بروز حادثه در هر زمان وجود دارد. زیرا وجود گردوغبار بر روی سطح مقره‌ها و رطوبت و آلودگی باعث رسانا شدن سطح آن می‌گردد و یک جریان نشستی روی سطح مقره بین هادی و پایه‌های فلزی آن برقرار می‌گردد که باعث پایین آمدن عایقی سطح مقره و افزایش تلفات عایقی می‌شود. ویکی از دلایل شکست الکتریکی در مقره‌ها به وجود آمدن جرقه‌ی سطحی در مقره می‌باشد (انصاری رنایی، م، ۲۰۱۲).

به تغییرات بار مصرفی شبکه برق اهواز در روزهای با شرایط جوی گردوغبار پرداخته است (توکلی زاده، م، ۲۰۱۶). با اشاره به وضعیت سیستم‌های برق در خوزستان و عدم طراحی‌ها و پیش‌بینی‌های لازم در مقابله با بحران‌ها، به تبیین خسارت‌های اقتصادی ناشی از آن به خصوص بر صنعت نفت پرداخت (حسینی، ع، ا و همکاران، ۲۰۰۶). حوادث ناشی از عوامل جوی بر خطوط ۲۰ کیلو ولت توزیع نیروی برق گلستان را بررسی نموده و با توجه به حوادث به وجود آمده در دو سال متوالی بر اثر توفان که منجر به خروج شبکه از مدار، خاموشی و آسیبی جدی از جمله پارگی سیم و شکستن پایه‌های متعدد گردیده شناسایی نموده تا بتوان نسبت به افزایش استحکام شبکه در برابر عوامل اثرگذار تصمیمات جدی تری اتخاذ نمود و ضمن رعایت تمامی اصول مهندسی در طراحی، عوامل پنهان اثرگذار را هم شناسایی نمود. بر اساس توافق سازمان جهانی هواشناسی هرگاه در ایستگاهی سرعت باد از ۱۵ متر بر ثانیه تجاوز کند و دید افقی به علت غلظت گردوغبار به کمتر از ۱۰۰۰ متر برسد توفان گزارش می‌شود (مهرابی، ش و همکاران، ۲۰۱۴). بیابان‌های مناطق غربی و جنوبی بیش از ۴۰٪ از مساحت کشور عراق را تشکیل می‌دهد (جکولین، ۲۰۰۹). بیش‌ترین روزهای گردوغباری در عراق در ماه‌های آوریل، ژوئن، جولای، سپتامبر و اواخر مارس اتفاق می‌افتد (شاهسونی، ع و همکاران، ۲۰۱۲).

در سال‌های اخیر وقوع پدیده توفان گردوغبار در منطقه خاورمیانه در حال افزایش است و کشور ایران به علت قرار گرفتن در کمربند خشک جهان، به طور مداوم در معرض

یابد. به گونه ای که در این مناطق انواع خوردگی ها شامل خوردگی پوشش های گالوانیزه، آلومینیوم، فولاد، روی، برنج، پوشش هایی پلیمری، بتون و... به وضوح رویت می گردد. با توجه به این که عناصر تشکیل دهنده خطوط توزیع شامل هادی ها، کلیدها، پراق آلات، تیرهای بتنی، چوبی و... هریک به نوعی از موارد فوق الذکر ساخته شده اند و در معرض خطر خوردگی قرار دارند باید با نگاه جدی و اساسی به ویژگی ها و شرایط عناصر اقلیمی منطقه نسبت به انتخاب تجهیزات توزیع برق برای این مناطق با استانداردها و تدابیر ویژه و هزینه های بیش تر پرداخته شود. بنابراین جلوگیری یا اقدام برای کاهش این نوع خسارت ها مستلزم تعیین دقیق شرایط منطقه و انتخاب مواد متناسب با شرایط اقلیمی می باشد. و از آن جایی که این امر عموماً رعایت نگردیده و قطعاتی که برای سایر مناطق آب وهوایی ایران ساخته می شوند، برای این منطقه نیز استفاده می گردند موجب کاهش عمر بعضی از تجهیزات در مقایسه با عمر همان تجهیزات در سایر مناطق و همچنین وارد آمدن خسارت به صنعت برق کشور شده است. لذا با توجه به تاثیر مستقیم عناصر اقلیمی بر تجهیزات توزیع برق، برای کاهش خسارت های ناشی از ریزگردها این پژوهش با تمرکز بر تجزیه و تحلیل سیستمی اثرات عناصر اقلیمی موثر و عملکرد خسارات مخرب پدیده ریزگردها بر مفرقه ها و شبکه تجهیزات توزیع برق استان خوزستان انجام گرفته و با توجه به این که در بیش از یک دهه ی اخیر تاسیسات و تجهیزات صنعت برق مکرر در معرض این پدیده کم سابقه و یا بی سابقه قرار گرفته سعی دارد با ارائه پیشنهادات کاربردی تا حدودی از آسیب و کاهش عمر تجهیزات، عملکرد ناخواسته تاسیسات، خاموشی های پیش بینی نشده، تولید برق ازدست رفته، انرژی های توزیع نشده، قطعی برق مشترکین خانگی، کشاورزی، صنعتی و غیر صنعتی و بروز خسارات مالی در بخش های تولید، انتقال و توزیع بکاهد. (شکل ۱) منشاء کانون های ورود ریزگردها به استان خوزستان را بر اساس تصاویر ماهواره ای والگوهای گردشی نشان می دهد.

سیستم های گردوغبار محلی و سینوپتیکی متعدد قرار دارد (تایی سمیرمی، س و همکاران، 2013). در سال های ۲۰۱۰-۲۰۰۳ روند ایجاد گردوغبار در عراق رو به افزایش بوده است و میزان بارش روندن زولی داشته است. در سال ۲۰۱۰ کمترین میزان بارش و بیش ترین روزهای گردوغباری گزارش شده است (شاهسونی، ع و همکاران، 2012). پدیده گردوغبار که در آموزش بادهای شدید در سرچشمه های بیابانی تغذیه می نماید، در کشورهای عربی به خصوص عراق با تبعیت و هدایت گرمای شدید هوا و جریان های منطقه ای تراز میانی جوی، در اثر الگوهای همدیدی، پهنه ایران را در غرب و جنوب غرب تحت تاثیر قرار می دهد. توفان های گردوغبار در مناطق بیابانی، کشورهای همسایه را از جنبه های مختلف تحت تاثیر قرار می دهد (لی و همکاران، 2013). کشور عراق به عنوان یکی از مناطق اصلی تولید کننده گردوغبار در خاور میانه شناخته شده است که عوارض گردوغبار این کشور به میزان زیادی این کشور را تحت تاثیر قرار داده است. زمین های باتلاقی موجود بین دجله و فرات که به دلایل طبیعی و انسان ساز، در حال خشک شدن هستند به عنوان یکی از مناطق بالقوه ایجاد کننده گردوغبار می باشند (میری، ا و همکاران، 2007). وجود آلودگی های محیطی در کنار هوای شرجی، بادهای منطقه ای و عدم وجود باران های دائم در منطقه، باعث گردیده تا پس از گذشت مدت زمان نسبتاً کوتاهی در سطوح ایزولاسیون مفرقه ها قشری از آلودگی آب دوست و با هدایت الکتریکی بالا، خواص عایقی را شدیداً تحت تاثیر قرار دهد که وجود چنین حالتی نیز باعث افت خواص عایقی، اتصال کوتاه، قطعی های مکرر در مدار، کاهش کیفیت برق و نهایتاً ایجاد خسارت های فراوان می گردد. همچنین وجود آب وهوای دریایی و دمای بالا در کنار ریزگردها در مناطق جنوبی ایران باعث گردیده تا عوامل لازم برای خوردگی از هر حیث مهیا باشد. به گونه ای که غلظت بالای یون های کلردر مناطق دریایی و سولفوردر مناطق نفت خیز و مناطق تالابی و دریایی خشک شده، به همراه دمای بالا شرایطی را ایجاد کرده است که تقریباً هر نوع فلزی تحت آن شرایط زوال می



شکل ۱- تصویر ماهواره ای کانون های ورود ریزگردها به داخل خاک

سینوپتیک آبادان، خرمشهر، اهواز، امیدیه، ماهشهر، مسجدسلیمان، بستان و دزفول انتخاب شدند که بتوانند به طور کامل خوزستان را تحت پوشش قرار دهند. مشخصات جغرافیایی ایستگاه های مورد مطالعه در جدول (۱) آورده شده است.

### مقره وانواع آن از نظر مواد تشکیل دهنده

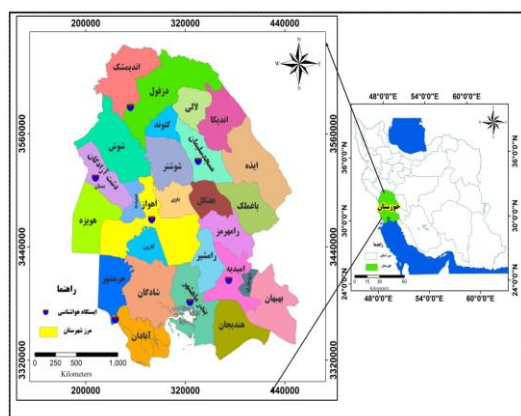
یکی از ابزارهای مهم در نگهداری خطوط شبکه برق، بحث مقره هاست که دو وظیفه مهم الکتریکی جهت جلوگیری از اتصال و وظیفه مکانیکی جهت تکیه گاه شبکه دارند و از آنجایی که بیش تر اتفاقاتی که برای شبکه رخ می دهد در محدوده ی مقره هاست، اهمیت آن را بیش تر نموده است.

پدیده ریزگردها و آلودگی ها در کنار سایر عوامل محیطی دیگر بر خوردگی و پیرشدگی تجهیزات برقی تأثیری گذارد و همچنین با توجه به شواهد موجود علت بیش تر قطعی های برق، نشست گردوخاک و ریزگردها بر روی مقره ها و ترکیب آن با رطوبت هوا و ایجاد گل ولای چسبنده روی آن است که این عامل منجر به اتصال کوتاه شبکه می شود، از این رو ارزیابی شدت و نوع آلودگی و اثرات آن بر کارایی مقره ها و شناخت وضعیت اقلیمی در درک شرایط محیطی منطقه مورد مطالعه به همراه یک سیستم اطلاعات اقلیمی مبتنی بر GIS حائز اهمیت می باشد که در این تحقیق به آن پرداخته شده و سعی دارد با ارائه پیشنهادات کاربردی از بروز خسارات مالی در بخش های تولید، انتقال و توزیع بکاهد.

### مواد و روشها

#### موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحتی حدود ۶۴۰۵۷ کیلومترمربع، بین ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی از خط استوا، در جنوب غربی ایران واقع شده است. این استان از شمال غربی با استان ایلام، از شمال با استان لرستان، از شمال شرقی و شرق با استان های چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد، از جنوب با خلیج فارس و از غرب با کشور عراق هم مرز است. شکل شماره (۲) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. در این پژوهش هشت ایستگاه هواشناسی



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

### روش پژوهش

روش مطالعه در جهت دستیابی به اهداف تعیین شده، آمارهای مورد نیاز داده های اقلیمی و تعداد روزهای گردوغباری از سازمان هواشناسی و آمارهای غلظت و

ماندگاری گردوغبار از سازمان محیط زیست و میزان آلودگی‌های برداشت شده روی مقره‌ها و تجهیزات برق از سازمان برق اخذگردید و در محیط نرم افزار Excell و SPSS16 پردازش گردید. با بررسی ارتباط و روند سالیانه بین تعداد روزهای همراه با توفان گردوغبار و پارامترهای اقلیمی، آلودگی‌های برداشت شده روی مقره‌ها و تجهیزات برق نیز با استفاده از روش‌های ESDD<sup>۲</sup> و NSDD<sup>۳</sup> سنجش و تجزیه و تحلیل شد و ایستگاه‌های مورد مطالعه با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی Gis<sup>۴</sup> پهنه‌بندی گردید.

#### جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح
	(درجه، دقیقه)	(درجه، دقیقه)	دریا
			(متر)
آبادان	۴۸/۱۵	۳۰/۲۲	۶/۶
خرمشهر	۴۸/۱۵	۳۰/۲۹	۲
اهواز	۴۸/۳۳	۳۱/۱۵	۲۲/۵
امیدیه	۴۹/۳۹	۳۰/۴۶	۳۴/۹
ماهشهر	۴۹/۱۳	۳۰/۳۳	۳
مسجد سلیمان	۴۹/۱۷	۳۱/۵۶	۳۲۰/۵
بستان	۴۷/۹۸	۳۱/۷۲	۷/۸
دزفول	۴۸/۲۳	۳۲/۲۴	۱۴۳

مقره به یکی از اجزاء مهم شبکه‌های فشارقوی گفته می‌شود که دارای مقاومت الکتریکی بالایی بوده و بین هادی‌های برقدار و سازه‌های نگه‌دارنده قرار می‌گیرند. مقره علاوه بر عایق نمودن هادی نسبت به پایه و نسبت به زمین ارتباط مکانیکی هادی و زمین را نیز تشکیل می‌دهد عمدتاً مقره‌ها از نظر مواد تشکیل‌دهنده به چهار گروه تقسیم می‌شوند: ۱- مقره‌های سرامیکی ۲- مقره‌های شیشه‌ای ۳- مقره‌های سرامیکی با لعاب نیمه هادی ۴- مقره‌های پلیمری (گودی، ۲۰۰۱).

**مزایا و معایب مقره‌های سرامیکی:** از مزایای مقره‌های سرامیکی شکل‌پذیری آسان و استقامت در برابر مواد

شیمیایی و دارای عمر نسبتاً زیاد می‌باشد و به راحتی لعاب دار می‌شوند که این کار مقاومت مقره را در مقابل ترک خوردگی و یا لب‌پریدگی زیاد کرده و به راحتی تمیز می‌شوند. از طرفی هدایت لعاب سطح آن باعث توزیع یکنواخت ولتاژ در سراسر طول زنجیره‌ی مقره می‌گردد. معایب مقره‌های سرامیکی نیز شامل ترک برداشتن در اثر عوامل محیطی و توسعه ترک‌های مویی به ترک‌های بزرگ تر و در نهایت سوراخ شدن مقره، شکستگی زیاد در حمل و نقل و برنده بودن نقاط نوک تیز، وزن بیش‌تر مقره نسبت به مقره‌های دیگر، به دلیل آب‌دوست شدن در سطح مقره، در شرایط وجود رطوبت بالا، مقاومت سطحی مقره در اثر وجود لایه‌ی نازک آب بر روی سطح آن در مجاورت با آلودگی، کم می‌شود، تشکیل رطوبت بیش‌تر در زمان تغییرات دما در سطح مقره‌های سرامیکی نسبت به مقره‌های شیشه‌ای و ایجاد ترک‌های مویی بر اثر برخورد صاعقه و شکست عایقی ناشی از آن می‌باشد (گارسیا، ۲۰۱۴).

**مزایا و معایب مقره‌های شیشه‌ای:** از مزیت‌های مقره‌ی شیشه‌ای دارای استقامت مکانیکی خیلی زیاد می‌باشد که در مقابل لب‌پریدگی از سرامیکی مقاوم‌تر است، ضریب انبساط حرارتی آن کوچک است و در نتیجه تغییر شکل نسبی آن در اثر تغییر درجه‌ی حرارت، خیلی کم است همچنین قبل از بروز ترک، کاملاً خرد شده‌اند لذا از روی زمین به راحتی می‌توان مقره‌ی معیوب را تشخیص داد. برخلاف مقره‌های سرامیکی در هنگام ساخت مقره‌های شیشه‌ای، معمولاً حفره در آن به وجود نمی‌آید و اگر ترک یا حفره‌ای هم باشد، به راحتی قابل مشاهده است و معایب آن تقطیر آسان رطوبت موجود در هوا در سطح مقره، جذب گردوخاک بیش‌تر در سطح آن، و به علت وجود ترکیبات بازی مانند اکسید کلسیم و اکسید سدیم در ساختمان آن، هنگامی که جریان نشتی زیادی در اثر آلودگی در روی سطح آن ایجاد می‌گردد، ترکیبات مزبور در مقابل رطوبت واکنش نشان داده و باعث خوردگی سطح شیشه می‌شود که در نهایت ممکن است منجر به شکستن مقره گردد. به همین دلیل نمی‌تواند در مناطق با آلودگی زیاد به کار رود (گارسیا، ۲۰۱۴).

**مقره‌های سرامیکی با لعاب نیمه هادی:** جهت بهبود عملکرد مقره‌های سرامیکی در محیط‌های با آلودگی زیاد،

2 - Effect Soluble Deposit Density

3 - Non Soluble Deposit Density

4 - Geographic information system

دوروش های اندازه گیری آلودگی های سطحی مقره ها، روش معمول جهت تعیین شدت آلودگی محیط روش ESDD نشسته بر سطح مقره بوده که با تلفیق آن با NSDD اطلاعات ارزشمندی به دست می آید. این دوروش اندازه گیری آلودگی های جمع شده بر روی تجهیزات برق و مقره ها، یکی روش چگالی معادل نمک رسوب حل شدنی روی سطح مقره ESDD و دیگری چگالی رسوب حل نشدنی بر سطح مقره NSDD می باشند. این دو روش با هم، پرکاربردترین روش اندازه گیری آلودگی سطحی مقره ها در سراسر جهان می باشند. ESDD برای اندازه گیری آلودگی های قابل حل در آب و NSDD، برای آلودگی های نامحلول در آب به کار می رود.

در آلودگی قابل حل یک لایه رسا نا بر روی سطح مقره تشکیل می شود. آلودگی قابل حل خود به املاح دارای قابلیت حل شونده (مثلاً نمک هایی که سریع در آب حل می شوند) و املاح دارای قابلیت حل شونده (مثلاً نمک هایی که به سختی در آب حل می شوند) تقسیم می شود. آلودگی قابل حل بوسیله روش ESDD اندازه گیری می شود.

در آلودگی غیرقابل حل، مواد آلوده یک لایه محکم را برای لایه رسا نا بوجود می آورند. نمونه هایی از این نوع آلودگی، غبار، شن، خاک و نفت می باشد. آلودگی غیرقابل حل بر حسب چگالی رسوب غیرقابل حل NSDD اندازه گیری می شود. آلودگی غیرقابل حل ممکن است شامل آلودگی رسا نا (مانند ذرات فلزی) باشد.

یک ایستگاه با میزان ESDD برابر با ۰/۰۲ را بسته به میزان سطح آلودگی غیرقابل حل آن می توان مطابق به پنج سطح آلودگی خیلی سبک، سبک، متوسط، سنگین و فوق سنگین طبقه بندی کرد (گارسیا، 2014).

جدول ۲- معیار تعیین شدت آلودگی محیط بر تجهیزات برق با استفاده از روش ESDD بر اساس استانداردهای بین المللی CIGRE، IEEE و IEC را نشان می دهد.

یک لعاب نیمه هادی روی مقره سرامیکی کشیده می شود. این لعاب باعث یکنواختی بیش تر، توزیع ولتاژ در سطح مقره و افزایش ولتاژ شکست می شود. درحقیقت یک مسیردائمی جریان نشتی وجود دارد که از تشکیل قوس در ناحیه خشک که مقدمه شکست الکتریکی است، جلوگیری می نماید. یکی از محدودیت های این نوع مقره، افزایش جریان نشتی است که موجب تلفات دائمی و ناپایداری حرارتی آن می گردد (کلگری، 2011).

**مقره های پلیمری (کامپوزیت - غیر سرامیکی):** برخلاف مقره های سرامیکی رایج که تنها از یک ماده عایقی که مسئول عملکرد الکتریکی و مکانیکی مقره است تشکیل می گردد، مقره های کامپوزیت حداقل از دو ماده عایقی تشکیل شده، یکی برای تامین خواص الکتریکی (روکش پلیمری مقره) و دیگری برای تامین خواص مکانیکی آن (هسته کامپوزیت). قرار گرفتن این دو در کنار هم، مزایایی چون وزن سبک و مقاومت بالاتر برابر تخریب انسانی را برای این نوع مقره ها به خصوص در کاربرد های فشار قوی موجب گردیده است. به طور کلی مقره های پلیمری دارای خاصیت عدم گسترش رطوبت بر روی سطح آن ها (آب گریزی) بوده و مقاومت سطحی بیش تری در برابر آلودگی زیاد به لحاظ جرعه زنی، در مقایسه با مقره های معمولی سرامیکی یا شیشه ای دارد. از مزایای این مقره ها می توان وزن بسیار سبک در مقایسه با مقره های شیشه ای و سرامیکی، انعطاف پذیری بیش تر، هزینه های کمتر برای نصب و راه اندازی به دلیل کوچکی و وزن کمتر، استحکام کششی بالاتر در مقایسه با مقره های و سرامیکی، عملکرد کوتاه مدت بهتر به خصوص در مناطق با آلودگی بسیار شدید، نیاز به نگه داری کمتر به علت خاصیت آب گریزی بالا اشاره نمود (کلگری، 2011).

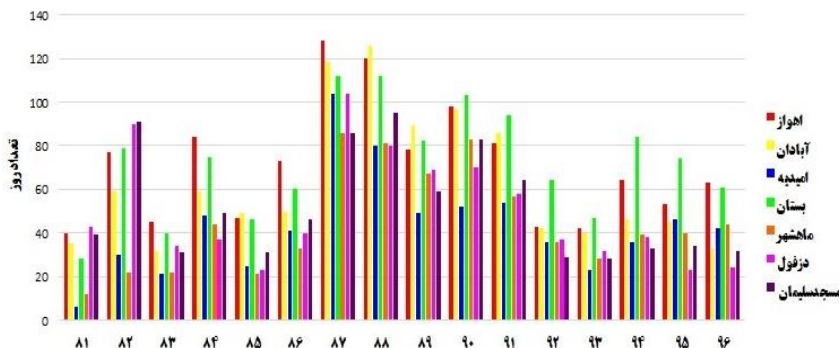
### بررسی روش های سنجش آلودگی در منطقه

#### مورد مطالعه

جدول ۲- معیار تعیین شدت آلودگی محیط بر تجهیزات توزیع برق بر اساس ESDD (mg/cm<sup>2</sup>)

سطح آلودگی	IEC	IEEE	CIGRE
-	-	-	۰/۰۰۷۵ - ۰/۰۱۵
خیلی سبک	-	۰ - ۰/۰۳	۰/۰۱۵ - ۰/۰۳
سبک	۰/۰۳ - ۰/۰۶	۰/۰۳ - ۰/۰۶	۰/۰۳ - ۰/۰۶
متوسط	۰/۱ - ۰/۲	۰/۰۶ - ۰/۱	۰/۰۶ - ۰/۱۲

سنگین	۰/۱۲ - ۰/۲۴	> ۰/۱	۰/۶ - ۰/۳
خیلی سنگین	۰/۲۴ - ۰/۴۸	-	> ۰/۶
ویژه	> ۰/۴۸	-	-



شکل ۳- تعداد روزهای همراه با توفان گردوغبار در دوره ۱۵ ساله در منطقه مورد مطالعه

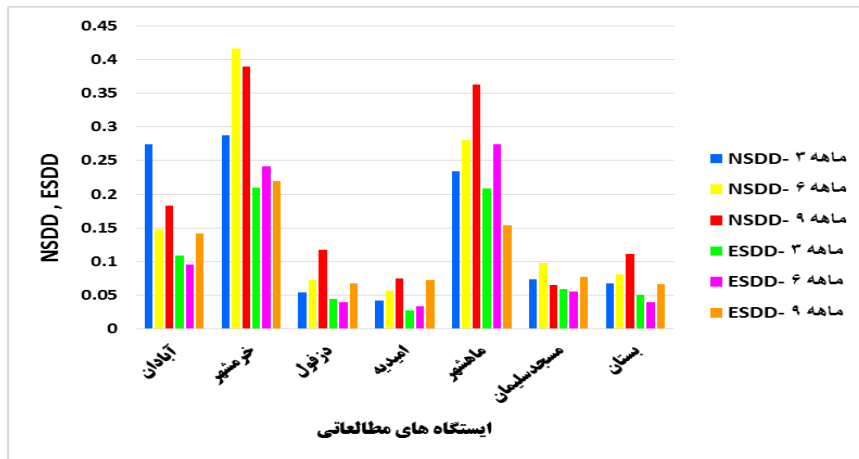
### نتایج و بحث

حداکثر بودن تعداد روزهای توفانی در ایستگاه بستان به موقعیت جغرافیایی این ایستگاه مربوط می‌شود. این ایستگاه علاوه بر این که از توفان‌های درون استان سهم دارد، از توفان‌های کشورهای عربی هم تاثیر بسیار زیادی می‌پذیرد. از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۴ مجدداً تعداد روزهای توفانی افزایش پیدا می‌کند به طوری که تعداد روزهای توفانی به ۸۴ روز در ایستگاه بستان می‌رسد. از طرفی چون ایستگاه‌های دزفول در شمال و مسجد سلیمان در قسمت شمال شرق استان قرار گرفته، این موقعیت جغرافیایی باعث شده تا از منشاء توفان در کشورهای عربی فاصله بیش تری داشته باشد و توفان‌های این منطقه به نسبت کمتری به این ایستگاه‌ها برسد. همچنین توفان‌های شمال غرب و غرب استان که عمدتاً منشأ آنها کشور عراق است جهت شمال غربی- جنوب شرقی دارند، در نتیجه ایستگاه‌های دزفول و مسجد سلیمان را خیلی تحت تاثیر قرار نداده‌اند.

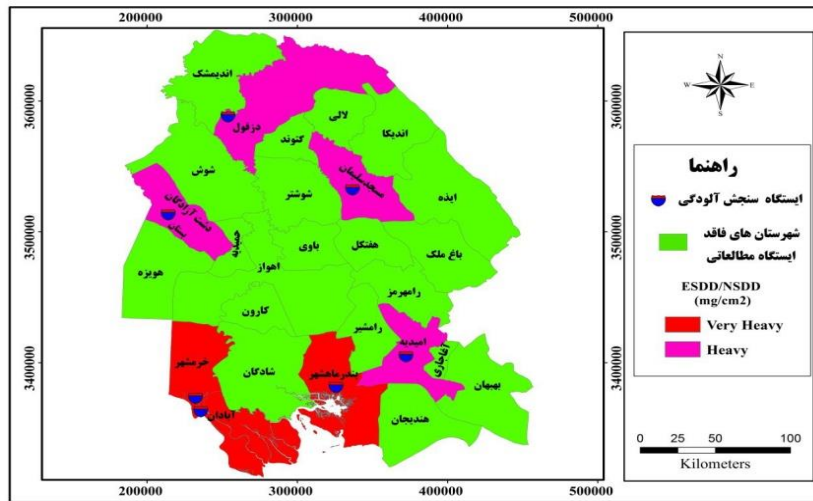
تعداد روزهای همراه با توفان گردوغبار را برای ایستگاه‌های آبادان، خرمشهر، اهواز، امیدیه، ماهشهر، مسجد سلیمان، بستان و دزفول در یک دوره ۱۵ ساله در شکل ۳ آورده شده است. منظور از توفان زمانی است که ذرات ریزی که دارای قطری بین ۰/۵ تا ۱/۱ میلی‌متر هستند، توسط بادهای قوی که دارای سرعتی بیش از ۱۵ متر بر ثانیه هستند جابه‌جا شده و کاهش دید افقی به کمتر از ۱۰۰۰ متر برسد. در تمام ایستگاه‌ها تعداد روزهای همراه با توفان در این بازه زمانی از سال ۱۳۸۱ تا سال ۱۳۹۶ افزایش پیدا می‌کند و از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۸۷ در سطح ایستگاه‌ها و به تبع در سطح کل استان به حداکثر مقدار خود می‌رسد. از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۳ کاهش می‌یابد. در بین ایستگاه‌های حاضر، بیش‌ترین میزان تعداد روزهای توفانی با ۶۴ روز مربوط به ایستگاه بستان و کمترین میزان با ۲۲ روز مربوط به ایستگاه دزفول است. علت

جدول ۳- نتایج ESDD و NSDD سه برداشت آلودگی از مقره‌های بشقابی سرامیکی در ایستگاه‌های مورد مطالعه

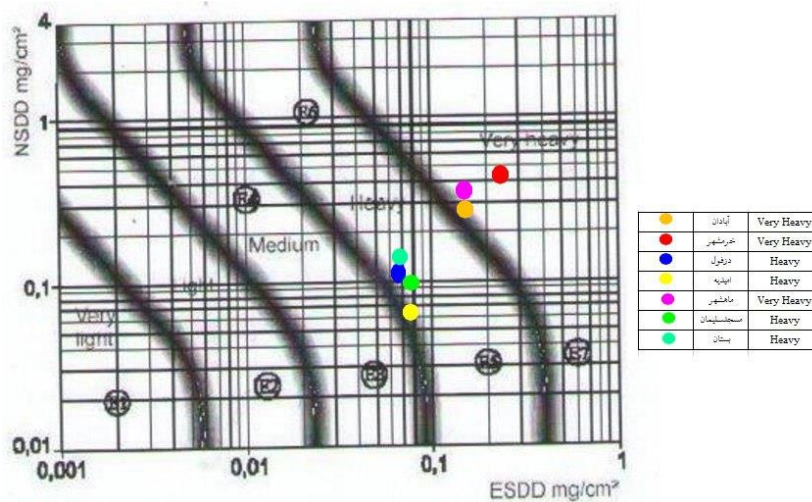
ایستگاه	NSDD ۳ ماهه	ESDD ۳ ماهه	NSDD ۶ ماهه	ESDD ۶ ماهه	NSDD ۹ ماهه	ESDD ۹ ماهه
آبادان	۲۷۴۴	۱۰۸۸	۱۴۸۱	۰۹۵۵	۱۸۳۲	۱۴۲۳
خرمشهر	۲۸۷۲	۲۱	۴۱۶۲	۲۴۱۷	۳۸۹	۲۲
دزفول	۰۵۴۲	۰۴۴۶	۰۷۲۶	۰۳۹۴	۱۱۷۷	۰۶۷۷
امیدیه	۰۴۲۵	۰۲۷۴	۰۵۶۲	۰۳۳۴	۰۷۵۴	۰۷۲۳
ماهشهر	۲۳۴۳	۲۰۸۲	۲۸۰۳	۲۷۳۶	۳۶۳۲	۱۵۳۴
مسجد سلیمان	۰۷۴	۰۵۸۶	۰۹۷۹	۰۵۶	۰۶۵۶	۰۷۷۴
بستان	۰۶۸	۰۵۱	۰۸۱۵	۰۲۹۸	۱۱۱۹	۰۶۶۷



شکل ۴- نتایج NSDD و ESDD در ایستگاه های مطالعاتی



شکل ۵- وضعیت آلودگی در ایستگاه های مورد مطالعه



شکل ۶- نمودار استاندارد ESDD برحسب NSDD در ایستگاه های مطالعاتی



## نتیجه‌گیری و راهکارهای مقابله با اثرات

### ریزگردها جهت افزایش پایداری شبکه

بر اساس نتایج به دست آمده ریزگردها، پست‌های برق استان خوزستان را به شدت تحت تأثیر قرار داده است. با بروز پدیده گردوغبار و نشست ریزگردها بر سطح مقره‌ها موجبات ایجاد مسیر با مقاومت کم روی سطح خارجی مقره فراهم می‌شود و همین امر باعث تخریب خاصیت عایقی مقره می‌گردد. به ویژه در فصل تابستان و بارش‌های اولیه در فصل پاییز همه چیز برای شکست عایقی مقره‌ها و به دنبال آن خاموشی‌های خطوط فشارمتوسط فراهم می‌گردد که در سال‌های اخیر به یکی از معضلات شرکت برق تبدیل شده است. به طور کلی از اثرات آلودگی بر مقره‌ها می‌توان به کاهش استقامت عایقی سطحی مقره، Flash over های مکرر در شرایط اضافه ولتاژ و دره‌های مه آلود و بارانی، Back Flash over های مکرر در شرایط تخلیه مستقیم صاعقه و انواع خوردگی‌ها اشاره نمود. زیرا ترکیب ریزگردها و آلودگی‌ها در نواحی صنعتی به صورت کامل در اتمسفر پخش نشده و دره‌های مه آلود به صورت گازهای متراکم SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> و... درآمده که ممکن است تا زیر نقطه شبنم سرد شود و به صورت قطرات ریز باران اسیدی که حاوی ذرات متعدد کربن و دود به هم چسبیده است نزول نموده و موجب حفره‌دار شدن مقره‌ها گردند. این اثرات در نهایت می‌تواند منجر به آسیب‌های شدید به سپرهای عایق مقره‌ها و یا اصطلاحاً Puncture شدن آن‌ها گردد (سلامت‌نیا، و همکاران، 2016). وجود آلودگی شدید، ریزگردها و رطوبت بر روی مقره باعث بروز اتصال زمین در سکسیونر (کلید هوایی) گردیده که این حادثه موجب آسیب جدی به مقره و سکسیونر شده و احتمال بروز حادثه در هر زمان وجود دارد و یکی از دلایل شکست الکتریکی در مقره‌ها به وجود آمدن جرقه‌ی سطحی در مقره می‌باشد (انصاری رنانی، م، 2012). همچنین از اثرات دیگر گردوغبار و آلودگی بر مقره‌ها می‌توان به انواع خوردگی‌ها اشاره نمود. خوردگی یک فرایند خود به خودی است و خوردگی اجزای فلزی خطوط در شرایط محیطی نامناسب باعث کاهش تدریجی مقاومت مکانیکی و هدایت الکتریکی عناصر خطوط می‌گردد که اولی نهایتاً به شکست مکانیکی انجامیده و دومی باعث افزایش مقاومت تجهیزات

و تغییر مشخصات الکتریکی خطوط می‌گردد و از انواع خوردگی مقره‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود (سلامت‌نیا، و همکاران، 2016).

**خوردگی شیاری:** حجم کوچک آب و آلودگی‌های مرطوب که در سطوح شیارها، سوراخ‌ها، شیارهای زیر پیچ و مهره‌ها، محل قرار گرفتن دو فلز یا دو عضو روی یکدیگر و رسوبات سطحی به صورت ساکن جمع شده و حالت مرده پیدا می‌کند که باعث خوردگی لکه‌ای می‌گردد. هرچند خوردگی شیاری نسبتاً ریز شروع می‌شود ولی پس از شروع با سرعت رو به افزایش پیش روی می‌نماید.

**خوردگی تنشی:** عناصر شبکه برق که تحت اعمال تنش‌های مکانیکی می‌باشند در شرایطی تحت تأثیر محیط خوردنده دچار ترک خوردگی می‌گردند. که در اثر همزمان تنش‌های کششی و محیط خوردنده روی فلز می‌باشد. اثر همزمان این دو نتایج نامطلوبی را به وجود می‌آورد. محصولات خوردگی خود نیز مولد تنش می‌باشد و با نفوذ ترک‌ها به داخل فلز سطح مقطع موثر کاهش یافته و در نتیجه آن گسترده شدن ترک‌ها و نهایتاً گسیختگی رخ می‌دهد.

**حفره‌دار شدن:** یکی از مخرب‌ترین انواع خوردگی موضعی است که باعث سوراخ شدن فلز می‌شود. خوردگی حفره‌ای پس از گذشت زمان نسبتاً طولانی شروع می‌شود، ولی پس از شروع دائماً با سرعت رو به افزایش به داخل فلز نفوذ می‌کند و با گسترش حفره‌ها به یک دیگر متصل شده و زیر سطح فلزی خالی می‌شود.

**خوردگی یکنواخت:** متداول‌ترین نوع خوردگی است که در اثر واکنش شیمیایی به طور یکنواخت در سراسر سطح تماس فلز با محیط خوردنده شروع شده و به تدریج از سطح به عمق پیش روی می‌کند که باعث نازک‌تر شدن فلز و نهایتاً از بین رفتن آن می‌شود و بارزترین نمونه آن در تیرهای برق بتنی که به علت نامناسب بودن مصالح مصرفی و شرایط غیراستاندارد ساخت، محل، نصب و یا بهره‌برداری دچار ترک‌های مویین و شکاف شده و نفوذ رطوبت، آلودگی و املاح خوردنده در مجاورت اکسیژن به داخل آنها ایجاد می‌شود (سلامت‌نیا، و همکاران، 2016).

به طور کلی وضعیت آلودگی و گردوغبار در این بازه زمانی در استان خوزستان بیش از حد در نظر گرفته شده در استانداردهای بین‌المللی بوده و در وضعیت سنگین و بسیار

- تست و آزمون سیستم های حفاظتی و نظارت بر عملکرد آن ها جهت جلوگیری از آسیب جدی به مقره ها و کاهش مدت زمان بازگشت به شرایط عادی جهت عملکرد مناسب و بهینه در شرایط خطرو حادثه

-تاسیس یک مرکز تحقیقاتی جهت انجام مطالعات خوردگی و آلودگی در استان خوزستان

- استفاده از تجربیات دیگر کشورها در مقابله با موضوعات مشابه و بکاربردن تجهیزات و مقره ها مناسب به واسطه همکاری در ترجمه کتاب ها، مقالات معتبر

- انجام بازدیدهای منظم در دوره های زمانی (شش ماهه و حداکثر ساله) جهت تعیین روال آثار تخریب و خوردگی تجهیزات و تهیه گزارشات مصور برای نهادهای ذیربط .

- نصب و راه اندازی تجهیزات توزیع و انتقال به صورت توکار و در زیرزمین با رعایت همه ی جوانب و مسائل ایمنی به جهت حفاظت از آلودگی ها و اثرات عناصر اقلیمی و حذف پایه های برق و تغییر درسایز و مصالح ساختمانی آنها جهت کاهش خوردگی های شدید در آن ها و تاثیر حداقلی توفان ها و عناصر اقلیمی موثر بر تجهیزات توزیع اگرچه ممکن است بسیار هزینه بر باشد .

پس با توجه به این که سطح آلودگی در ایستگاه های مورد مطالعه سنگین و بسیار سنگین است، داشتن آمادگی قبل، حین و در زمان وقوع بحران ریزگردها و همچنین مقاوم سازی تجهیزات و تأسیسات برق در برابر آسیب های اقلیمی و طبیعی ضروری می باشد. اگرچه پیش از این در استان از مقره های سرامیکی استفاده می شد که تناسب چندانی با شرایط آب و هوایی منطقه نداشته اند، با وقوع مکرر پدیده گردوغبار باید دنبال تجزیه و تحلیل و بدست آوردن راه ها و تجهیزات ی نوین در جهت مقابله با عامل مخرب ریزگردها بود. و براساس گفته مدیرعامل شرکت توزیع نیروی برق اهواز در خصوص اهمیت استفاده از مقره هایی با استفاده از تکنولوژی جدید "در حال حاضر بهترین مقره متناسب با شرایط آب و هوایی استان خوزستان، مقره های کامپوزیتی می باشد که بدلیل وزن سبک، ناچیز بودن جریان ناشی و آب گریزی آن، جایگاه ویژه ای در شبکه برق کلان شهر اهواز و استان پیدا کرده و از آن استفاده می شود.

## منابع

سنگین قرارداد و کانون های اصلی ریزگرد ها در مناطق جنوب بین شهرهای اهواز، ماهشهر، آبادان و خرمشهر یعنی در ایستگاه هایی که تعداد زیادی کارخانه های صنعتی، پتروشیمی، سیمان و ... وجود دارد و در کنار خلیج فارس و رودخانه ها قرار گرفته اند و دارای اتمسفر خورنده، حاوی انواع نمک و رطوبت، پدیده شرجی و مه غلیظ، کاهش بارندگی، افزایش درجه حرارت و وزش بادهای گرم می شود و به علت نزدیکی به کشورهای عراق و عربستان در مسیر توفان های گردوغبار آنها، قرار دارند و وجود توام گردوغبار با ریزگردها ی صنعتی که مستقیماً شدت آلودگی محیط بر تجهیزات برق را تغییر داده و بارندگی بسیار کم منابع رطوبتی پس از گردوغبار باعث چسبندگی ذرات و ایجاد گل ولای روی مقره ها و تجهیزات برق می شود که آثار خوردگی، آتش سوزی و شکسته شدن مقره ها و تجهیزات برق را بیش ترمی کند. در بین ایستگاه های حاضر نیز، بیش ترین میزان تعداد روزهای توفانی با ۶۴روز مربوط به ایستگاه بستان و کمترین میزان با ۲۲روز مربوط به ایستگاه دزفول است و علت به موقعیت جغرافیایی این ایستگاه ها مربوط می شود .

همچنین برای مدیریت بحرانی این مخاطره محیطی راهکارهای زیر ارائه می گردد:

- برنامه ریزی و توجه مدیریت کلان کشور به پدیده ریزگردها به عنوان یک مشکل ملی نه صرفاً یک مشکل منطقه ای

- استفاده از پوشش رنگ های آلی برای ترمیم خوردگی ها و تعویض زنجیر مقره های خطوط در معرض آلودگی و رطوبت شدید

- تهیه و تدوین دستورالعمل استاندارد برای سفارش مقره ها و تجهیزات منطبق با شرایط غبار و آلودگی های سنگین و بسیار سنگین

- تعویض مقره های موجود در شبکه با مقره های مناسب در آلودگی های فوق سنگین

- تعویض زنجیر مقره های خطوط با مقره های سیلیکونی با رعایت فاصله خزشی مناسب

- ایجاد امکانات، تجهیزات لازم و ماشین های مقره شو به تعداد کافی ، جهت شست و شوی مستمر مقره ها، خطوط و پست ها

- 1-Alijani, Bohlool, (1998). Iran's Weather . Payame Noor Publications, Fourteenth Edition.
- 2-Atai H . Ahmadi,F (2011). Dust as one of the environmental problems of the Islamic world: A case study of Khuzestan province, published by the 4th International Congress of Geographers of the Islamic World.
- 3-Ansari Renani, M. (2012). Statistical-Climatic Analysis of Dust in Zahedan Province during the period (1986-2005) The First International Congress on Dust Phenomena and Countering Its Harmful Effects on February 17-18, Ahvaz.
- 4- Cigre (2011) .working Group B2.21 .Guide for the Assessment of Composite Insulators in the Laboratory after their Removal from Service.
- 5-Garcia , R. Fernandez ,Rees insulator global maintenance policy , CIGRE 2014 B2-206.
- 6-Gohar Doost. A. azimi, F (2011). Investigation and analysis of dust phenomenon using statistical data in Khuzestan province, Conference on the application of natural geography in environmental planning, Khorramabad.
- 7- Goudie AS , Middleton NJ , Saharan dust Storms : nature and consequence . Earth-Science Reviews 2001 ,56 :179-204.
- 8-Habibian, Ahmad. Jorabian, Mahmoud (2012). Dust phenomenon and its effects on Khuzestan water and electricity industry The first international congress on dust phenomenon and dealing with its harmful effects (pp. 1151-160). Ahwaz.
- 9-Hosseini, Seyed Ali Asghar and Seyed Ishaq Hosseini (2006). Investigation of Accidents Caused by 20 KV Online Climate Distribution of Golestan Power Distribution, 10th Conference on Power Distribution Networks, Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers, University of Tabriz.
- 10- Jacquelyn c . climate analisis and long range forecasting of dust Storm in IRAQ. California : Naval postgraduate school Monterey ,2009: 88-92.
- 11- Li , H. Kim , H. Honda , Y Lim , Y-H and Yi ,S . 2013. Effect of Asian dust storms on daily mottality in seven Metropolitan cities of Korea Atmospheric Environment. 79 :510-517.
- 12-Mehrabi, Sh. Soltani, S. and Jafari, R. 2014 Investigating the Relationship between Climate Parameters and the Exposure of Greenhouses (Case Study: Khuzestan Province), Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science, 19(71): 69-81.
- 13-Miri, A. Ahmadi, H. Ghanbari, A. Moghaddam Nia, A. (2007). Effects of dust and storms on air pollution and public health in hot and dry weather. International Journal of Energy and Environment 1 (2): 101-5.
- 14-Salamatnia, E.Bakhti, . Babagpour, N, 2016, Presenting a solution to deal with the effects of corrosion and pollution on distribution network equipment, International Conference on New Research in Engineering, Tehran, <https://civilica.com/doc/506473>.
- 15-Shahsoni A, Yarahmadi, M., Mesdaghinia, A. Younesian, M. Jafarzadeh, N. Naeem Abadi, A. Third, M. Ndafi, K. (2012). Analysis of the trend of dust entering Iran with emphasis on Khuzestan province. Hakim Research Journal Volume 15, Number 3. Pp. 202 to 192.
- 16-Shokrkhodai, Alireza (2016). Saturday 23 February. Khuzestan crisis today, heavy rain solves the problem Site Asr.
- 17-Tahmasebi Birgani A M. Sardari, F. (2009). Investigation of dust storms and wind erosion in Khuzestan province and strategies to deal with it, Forest and Rangeland Quarterly, No. 81, pp. 21-25.
- 18-Tayyi Semiromi, S. Moradi, H R. Khodagholi, M. and Ahmadi Akhormah, M. 2013. Identifying and Investigating Factors Affecting Dust Dismantling in West of Iran. Human and Environment Quarterly, 27: 1-10
- 19-Tavakoli Zadeh, M (2016). Lessons from crisis management in the attack of fine dust on the economic infrastructure of Khuzestan.
- 20-Wang , Y-C . and Lin, Y-K . 2015. Mortality associated with particulate concentration and Asian dust storms in Metropolitan Taipei . Atmospheric Environment. 117: 32-40.